



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



**Dipartimento  
per lo sport**

## Rigenerazione e ampliamento impianto sportivo e campo cross Monte Coralli CUP J28E22000040006 Progetto Esecutivo

Proprietà/Committente: COMUNE DI FAENZA

GIUGNO 2023

### RELAZIONE SULLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

# G.01e

#### Responsabile del Procedimento:

Dott.ssa Benedetta Diamanti - Dirigente Settore Cultura, Turismo e Promozione Economica Comune di Faenza

#### Supporto al R.U.P.:

Ing. Patrizia Barchi - Dirigente settore Lavori Pubblici Comune di Faenza

#### Progettista responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche:

Arch. Alessandro Bucci

#### Progettazione architettonica:

Arch. Alessandro Bucci

Via Severoli, 18\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546-29237 - fax. 0546-29261

iscritto ordine architetti di Ravenna n. 253

Mail abucci@alessandrobucciarchitetti.it

#### Progettazione paesaggistica:

Arch. Mauro Panigo

Via Sardegna 32\_20146 Milano (MI)

Tel. 392 3157547

Mail mauro.panigo@contemporaryurban.it

#### Progettazione aspetti energetici degli edifici:

Ing. Serena Patricelli

Via Adige 63/2\_65015 Montesilvano (PE)

Mail serena.patricelli@gmail.com

#### Progettazione ambientale degli edifici:

Ing. Eleonora Sablone

Lungomare Cristoforo Colombo 56\_65126 Pescara (PE)

Mail eleonora.sablone@gmail.com

#### Progettazione strutturale:

Ing. Marco Peroni

Via S. Antonino, 1\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546 31433 - fax 0546 636566

Mail peroni@marcoperoni.it

#### Progettazione impianti meccanici:

P.I. Claudio Pinardi

Studio tecnico P.D.M. Progetti

Via Cento, 54/1\_48022 Lugo (RA)

Tel. 0545-31873

Mail pinardi@pdmprogetti.it

#### Progettazione impianti elettrici:

Ing. Giampaolo Cortesi

Via Glorie, 146\_48012 Bagnacavallo (RA)

Tel. 0545 48193

Mail ingcortesi@libero.it

#### Tecnico abilitato ai sensi dell'art.98 del d.lgs. 81/2008

Geom. Gabriele Venturelli

Studio Tecnico associato Venturelli

Via Bettisi, 12\_48018 Faenza (RA)

Tel. 0546 667280

Mail gabriele@studioventurelli.com

Firma dei tecnici ognuno per le proprie competenze

Rev. n.	data
01	LUG 2023

**Premesse:**

Normalmente il dimensionamento di una sovrastruttura stradale oltre che dalla portanza di piano di posa del sottofondo e dalla resistenza meccanica dei singoli strati, dipende dalla composizione e dalla entità del traffico, valutato tra l'entrata in esercizio e il termine della vita utile dell'infrastruttura. L'analisi completa del traffico dovrebbe tenere conto oltre che del numero ed entità dei cicli di carico, anche delle fluttuazioni giornaliere e stagionali, della composizione degli assi dei differenti veicoli, delle variazioni di velocità.

Tale operazione rappresenta un impegno non indifferente se condotta come nel caso del Circuito di MONTE CORALLI, dove ci si trova di fronte una struttura che prevede nella norma giornate di allenamento con una presenza di circa 40-50 mezzi composti essenzialmente da auto, furgoni o caravan. Mentre nelle giornate dove si possono disputare gare a livello Nazionale ci sarà una presenza di circa 200 mezzi sempre rappresentati da auto, furgoni e camper con in più la presenza di circa un 10% di questi 200 mezzi composti da autotreni o comunque mezzi pesanti. Infine nella giornata in cui si svolgono manifestazioni di carattere europeo o Mondiale si avrà sempre una presenza di circa 200 mezzi ma aumenta l'incidenza dei mezzi pesanti che passano a d avere una percentuale di circa il 30 %

L'applicazione di modelli verificati attraverso approfondite ed estese indagini può risultare di grande aiuto mantenendo però larghi margini di approssimazione, in particolare per quanto riguarda la composizione del traffico pesante. Infatti, al fine del dimensionamento, risultano fondamentali le sollecitazioni dovute al passaggio degli autocarri, rispetto alle quali possono essere ritenute trascurabili quelle dovute al traffico leggero (autovetture) anche se questo è di gran lunga più elevato come entità numerica. Occorre anche tener presente che i mezzi pesanti esercitano la propria azione in modo diverso a secondo del carico massimo raggiungibile ed in relazione alla distribuzione di tale carico sui differenti assi e ruote. Le sollecitazioni risultano più gravose quando sono ripetute, quando le ruote passano sempre sullo stesso punto; nella realtà ciò non si verifica esattamente, ma in genere si riscontrano dispersioni rispetto alla traiettoria media che dipendono oltre che da fattori soggettivi, dalla larghezza dell'area di impronta, dalla larghezza delle corsie, dai volumi di traffico, etc.

Di fatto però l'incidenza del traffico pesante avrà una componente da ponderare in modo particolare perché di fatto sarà costituito unicamente da quei mezzi che effettueranno la movimentazione, il carico e lo scarico oltre a tutte le attività connesse alle attività commerciali e di distribuzione carburanti presenti, ma che non costituiranno un apporto significativo nella campana probabilistica del volume di traffico preso in considerazione, anche perché di fatto le sovrastrutture ricadranno in ambito urbano in una zona dove sarà previsto un limite dei 30 km/orari ( da

concordare sempre e comunque con la D.L. , il gestore e gli enti competenti)

In considerazione di quanto citato sopra si è preso in considerazione l'area di intervento nell'area cross del Comune di Faenza (RA) denominata MONTE CORALLI, ovvero l'area alla distanza di circa 5 Km verso ovest dal capoluogo comunale, in posizione collinare, all'interno dell'area comunemente definita "campo cross Monte Coralli". Per raggiungere il luogo, partendo da Faenza si seguono le indicazioni per Brisighella, si percorre la strada comunale n. 76 per circa 1,5 Km, quindi si svolta a destra nella S.C. n. 66 direzione Tebano che, dopo circa 5,5 km, conduce allo svincolo sinistro per il campo cross di Monte Coralli.

Tale area rientra in un'area naturale antropizzata destinata da decenni ad attività sportive, con la presenza del limitrofo campo di motocross "Monte Coralli", sede di manifestazioni agonistiche a carattere nazionale ed internazionale. L'area del campo cross Monte Coralli è situata in un contesto paesaggistico di tipo collinare costituito da colture arboree di frutteti, da fasce arbustive e arboree piantumate e macchia di tipo spontaneo.

La pista di campo cross è costituita da un tracciato sterrato che si snoda tra dossi e avvallamenti intervallati da essenze forestali (alberi e arbusti) di recente piantumazione, ed è contornata da una fascia boscata ad alto fusto in corrispondenza dei due rii Pideura e Carrere.



Dal punto di vista geologico, l'area di Monte Coralli è modellata nei litotipi delle cosiddette "Sabbie gialle", unità di chiusura del ciclo marino PlioPleistocenico dell'Appennino, che si ritrovano estesamente nell'intera fascia pedecollinare del Faentino (v. Carta geologica d'Italia 1:100000, F. 99 Faenza). Un affioramento di "Sabbie gialle" è ben visibile nella scarpata subverticale naturale che delimita il rilievo di Monte Coralli a sud, dove la roccia arenacea, particolarmente compatta, si mostra per uno spessore di circa 30 m con giacitura suborizzontale. Le sabbie gialle sovrastano stratigraficamente ed anche geometricamente le "Argille grigio-azzurre" Pleistoceniche, che affiorano alla quota d'alveo del Rio Pideura e del Rio Carrere, in concordanza angolare con le sovrastanti sabbie.

Dal punto di vista geomorfologico, si può notare come l'aspetto attuale del rilievo di Monte Coralli sia in gran parte dipendente dall'attività estrattiva finalizzata all'escavazione delle sabbie svolta fino agli anni 60, che hanno prodotto notevoli sbancamenti su lati settentrionale ed occidentale del rilievo; dopo di che sono stati eseguiti lavori di recupero per la creazione di un'area sportiva. Si denota come l'assenza di fenomeni franosi e di dissesto in atto, come pure la normale attività dei fenomeni di dilavamento, identifichi per l'area una situazione di equilibrio geomorfologico, che ha tratto beneficio dalla gestione della pista di motocross. Dal punto di vista idrologico, la rete scolante superficiale è composta dai fossi di corrivazione che garantiscono il deflusso superficiale delle acque piovane di scorrimento superficiale, e che conducono ai rii Carrere e Pideura; la struttura sabbiosa del substrato, nella parte del campo di gara, garantisce un buon drenaggio e determina una discreta filtrazione verticale di acque meteoriche che vanno ad alimentare una falda freatica molto profonda (situata in prossimità dei litotipi delle "Argille azzurre" Pleistoceniche).

## Il Numero di Struttura di progetto

Il metodo di dimensionamento (AASHTO Guide Design of Pavement Structures) si fonda sul contributo di 4 fattori che considerano i seguenti aspetti:

- 1) traffico di progetto;
- 2) grado di affidabilità del procedimento di dimensionamento;
- 3) decadimento limite ammissibile della sovrastruttura;
- 4) caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN).

L'espressione analitica assunta nell'AASHTO Guide come relazione fondamentale di dimensionamento è la seguente:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

### 1) Traffico.

Nella metodologia proposta dall' "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" i carichi di traffico sono rappresentati dal numero cumulato ( $W_{18}$ ) di assi standard (ESAL1) da 8,16 t (18 kip). Generalmente il dato di partenza è il traffico giornaliero medio TGM, che transita o si presume transiterà nell'infrastruttura nel primo anno di vita utile. Questo dovrà essere corretto considerando i seguenti fattori:

L'evoluzione del traffico nel corso degli anni ( $r$ ). È alquanto difficile poter prevederne l'esatta evoluzione, in genere si assiste a tassi di crescita maggiori nei primi anni di vita, tassi che poi si riducono nel tempo. In mancanza di dati più precisi si può assumere un tasso compreso tra il 2%÷3% nel primo periodo di vita utile, 1 ÷ 2% nel medio periodo di vita utile e 1% nell'ultima parte; La distribuzione del traffico per senso di marcia ( $pd$ ). In genere si può assumere che il TGM si suddivida equamente nelle due direzioni. In particolari situazioni, legate a fenomeni di pendolarismo si può verificare una diversa suddivisione (70% in un senso, 30% nell'altro);

La percentuale di veicoli commerciali ( $p$ ). Questa varia da valori nulli se il transito è interdetto a questa categoria di mezzi, fino ad assumere valori del 30 ÷ 40%. Valori medi sono compresi intorno tra 10 ÷ 15%;

---

<sup>1</sup> ESAL = Equivalent Standard Axle Load. Questo rappresenta l'asse standard assunto dall'AASHTO pari a 18 kip (ChiloPound). Poiché **1 Pound = 0.4536 Kg** esso equivale a 18.000 x 0.4536 Kg = 8.164,8 Kg

Percentuale di traffico commerciale che transita nella corsia lenta (pl). Non tutti i veicoli commerciali transitano nella corsia lenta; parte di questi, soprattutto quelli con minor carico, raggiungono velocità tali da impegnare anche le altre corsie. Si considera questo aspetto ipotizzando che (generalmente) il 95% di tutti i veicoli commerciali transiti sulla corsia lenta;

La dispersione delle traiettorie (d). La traiettoria seguita dalle ruote, come già accennato, non è sempre la stessa, ma si disperde nell'intorno di un valore medio. Si tiene conto di ciò riducendo (in genere) del 20%, il TGM;

La distribuzione dei carichi del traffico commerciale. I veicoli che lo compongono non hanno gli stessi carichi per asse determinando livelli di sollecitazione differenti. Per omogeneizzare i risultati si ricorre al concetto di asse equivalente che la progressione del danno prodotto varia in modo esponenziale con il carico stesso.

Yoder ha proposto l'espressione  $C_{eq} = 2^{0.78(x-y)}$  dove x è il peso dell'asse in esame ed y il peso dell'asse equivalente standard.

Ricerche più recenti mostrano il seguente legame:  $C_{eq} = (x/y)^4$ . La dipendenza dalla 4a potenza è stata studiata con riferimento all'asse standard da  $y=80$  KN ed è riconosciuta valida internazionalmente.

Il numero medio degli assi di un generico veicolo commerciale. Questo è compreso tra 2 e 5. Se si tiene conto della distribuzione delle differenti classi di veicoli commerciali, si può assumere un valore compreso tra 2.25 e 2.7.

È bene precisare che con corsia lenta si intende o la corsia destra di marcia normale o, se presente, la corsia di arrampicamento, quando la pendenza della livelletta e la percentuale di veicoli pesanti la rendono necessaria.

Il numero N di assi cumulati alla fine della vita utile potrà determinarsi moltiplicando il TGM per i parametri suddetti:

$$N = 365 \cdot TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Il numero di assi che transitano in un giorno dell'ultimo anno della vita utile sarà:

$$N_g = TGM \cdot p_d \cdot p \cdot p_l \cdot d \cdot C_{eq} \cdot n_a \cdot (1+r)^n$$

Assumendo valida la legge della 4a potenza e che un asse da 18 kip coincida con l'asse standard da 80 KN (8 t), la valutazione del traffico cumulato W18 in ESAL può essere condotta noto lo spettro di traffico.

## Affidabilità.

Questo fattore di dimensionamento considera le condizioni aleatorie che possono inficiare le previsioni di traffico e le prestazioni delle pavimentazioni. L'affidabilità di un processo di dimensionamento della pavimentazione è probabilità che la sezione dimensionata possa mantenersi in condizioni accettabili durante tutta la vita utile.

Uno dei dati assunti in fase di progetto è il valore del traffico cumulato sopportabile dalla sovrastruttura  $W_t$  in ESAL. Inoltre, viene anche assunta una legge di crescita che, per ciascun anno, fornisce il valore cumulato  $W_t$  di ESAL transitati sino a quel momento.

Nella realtà si verificheranno differenze tra questo ultimo e il valore di assi realmente transitato  $N_t$ , l'errore che si commette è dovuto al fatto che la pavimentazione andrà fuori servizio per un valore di ESAL pari a  $N_t$  invece di quello previsto in sede di progetto e pari a  $W_t$ .

Si assume per tali errori una distribuzione statistica di tipo normale (gaussiana).

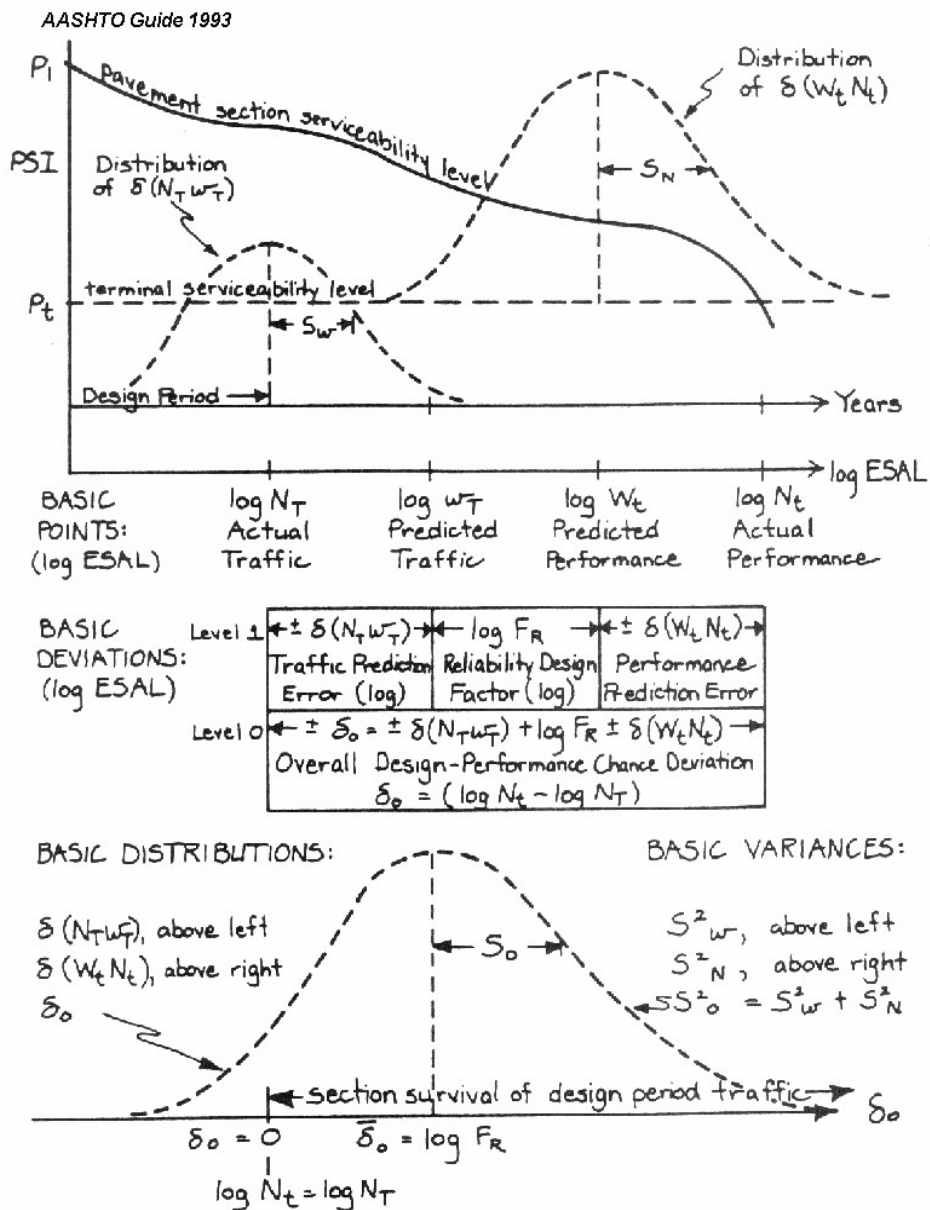
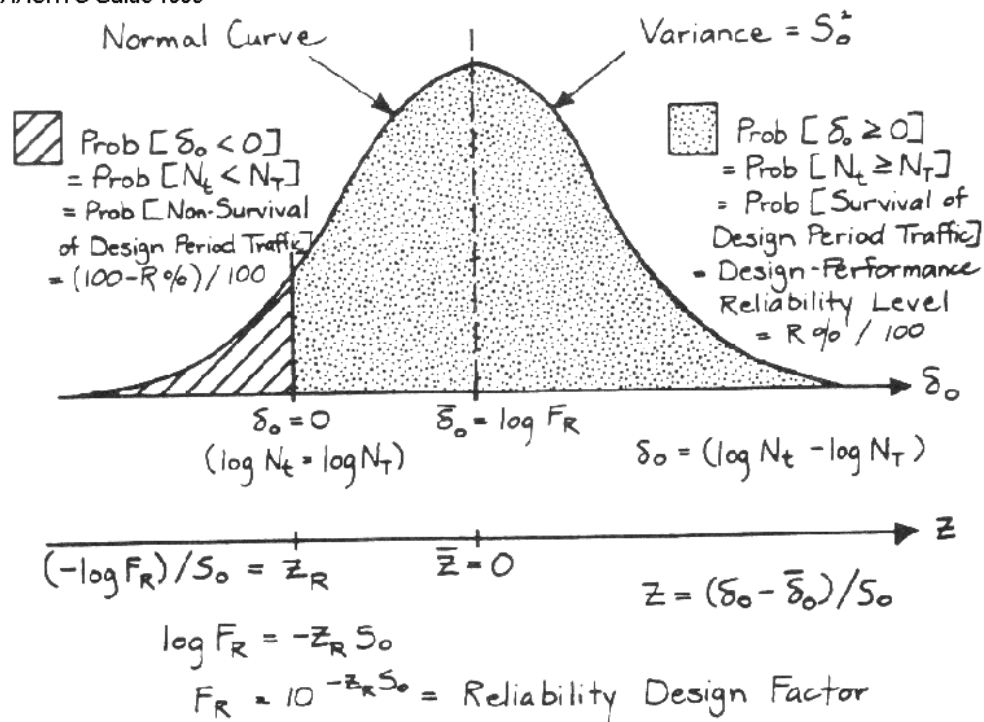


Figure 4.3. Basic Probability Distributions for Design-Performance Reliability



NOTE 1. The value of  $Z_R$  is determined by the value of  $R$ , and is obtained from standard normal curve area tables by entering  $(100 - R\%) / 100$  for the tail area from  $-\infty$  to  $Z_R$ .

NOTE 2. If  $\log F_R = 0$ ,  $Z_R = 0$ ,  $F_R = 1$ , and  $R = 50\%$ . Thus the probability for design period survival is 50% if the traffic prediction ( $W_T$ ) is substituted directly for  $W_t$  in the performance prediction (design) equation.

NOTE 3. For fixed  $R$  (hence fixed  $Z_R$ ),  $F_R$  increases (or decreases) as  $S_0 = \sqrt{S_w^2 + S_N^2}$  increases (or decreases).  $F_R$  accounts for the total chance variation in traffic predictions and performance predictions.

#### Definition of Reliability and Evaluation of Reliability Design Factor

Nel metodo dell'AASHTO l'affidabilità  $R$  (reliability) viene introdotta attraverso i coefficienti  $S_0$  e  $Z_R$ .  $S_0$  rappresenta la deviazione standard nella predizione del traffico e della prestazione attribuita alla pavimentazione.  $Z_R$  è l'ascissa della distribuzione standard ridotta. Senza entrare nei dettagli analitici è facile dimostrare che il Fattore di Affidabilità di Progetto  $F_R$  è tale che:

$$F_R = \frac{W_t}{W_T} = 10^{-Z_R S_0}$$

L'affidabilità  $R$  rappresenta la probabilità che un determinato evento accada. Affermare che  $R = 95\%$  significa che in 95 casi su cento le previsioni di progetto (traffico, prestazione pavimentazione)



consentono di raggiungere la prefissata vita utile. Viceversa nel 5% dei casi ciò non si verifica. Per ciascun valore di R esiste un ben determinato valore di deviazione standard ridotta  $Z_R$ .

AASHTO Guide 1993

Table EE.9. Evaluation of reliability design factor for specified reliability and overall variance levels.

Lower Limit of $S_o^2$ Range ( $S_o - .005$ ) <sup>2</sup>	Est. Std. Dev. $S_o$	Reliability Level (R) & Corresponding Normal Curve Abscissa ( $Z_R$ )							
		R=50%	R=60%	R=70%	R=80%	R=90%	R=95%	R=99%	R=99.9%
		$Z_R = .000$	$Z_R = .253$	$Z_R = .524$	$Z_R = .841$	$Z_R = 1.28$	$Z_R = 1.64$	$Z_R = 2.32$	$Z_R = 3.09$
.0600	.25	1.00	1.16	1.35	1.62	2.09	2.58	3.82	5.92
.0650	.26	1.00	1.16	1.37	1.65	2.15	2.68	4.03	6.36
.0702	.27	1.00	1.17	1.39	1.69	2.22	2.78	4.25	6.83
.0756	.28	1.00	1.18	1.40	1.72	2.29	2.89	4.48	7.33
.0812	.29	1.00	1.18	1.42	1.75	2.35	3.00	4.73	7.87
.0870	.30	1.00	1.19	1.44	1.79	2.42	3.12	4.99	8.45
.0930	.31	1.00	1.20	1.45	1.82	2.50	3.24	5.26	9.08
.0992	.32	1.00	1.20	1.47	1.86	2.57	3.36	5.55	9.75
.1056	.33	1.00	1.21	1.49	1.89	2.65	3.49	5.86	10.5
.1122	.34	1.00	1.22	1.51	1.93	2.73	3.62	6.18	11.2
.1190	.35	1.00	1.23	1.53	1.97	2.81	3.76	6.52	12.1
.1260	.36	1.00	1.23	1.54	2.01	2.89	3.91	6.88	13.0
.1332	.37	1.00	1.24	1.56	2.05	2.98	4.06	7.26	13.9
.1406	.38	1.00	1.25	1.58	2.09	3.07	4.22	7.66	14.9
.1482	.39	1.00	1.26	1.60	2.13	3.16	4.38	8.08	16.0
.1560	.40	1.00	1.26	1.62	2.17	3.26	4.55	8.53	17.2
.1640	.41	1.00	1.27	1.64	2.21	3.35	4.73	9.00	18.5
.1722	.42	1.00	1.28	1.66	2.26	3.45	4.91	9.49	19.9
.1806	.43	1.00	1.28	1.68	2.30	3.56	5.10	10.0	21.3
.1892	.44	1.00	1.29	1.70	2.34	3.66	5.29	10.6	22.9
.1980	.45	1.00	1.30	1.72	2.39	3.77	5.50	11.1	24.6
.2070	.46	1.00	1.31	1.74	2.44	3.89	5.71	11.8	26.4
.2162	.47	1.00	1.31	1.76	2.48	4.00	5.93	12.4	28.3
.2256	.48	1.00	1.32	1.78	2.53	4.12	6.16	13.1	30.4
.2352	.49	1.00	1.33	1.81	2.58	4.25	6.40	13.8	32.7
.2450	.50	1.00	1.34	1.83	2.63	4.38	6.65	14.6	35.1
.2550	.51	1.00	1.35	1.85	2.68	4.51	6.90	15.4	37.7
.2652	.52	1.00	1.35	1.87	2.74	4.64	7.17	16.2	40.4
.2756	.53	1.00	1.36	1.90	2.79	4.78	7.44	17.1	43.4
.2916	.54	1.00	1.37	1.92	2.84	4.92	7.73	18.1	46.6
.2970	.55	1.00	1.38	1.94	2.90	5.07	8.03	19.0	50.1
.3080	.56	1.00	1.39	1.97	2.96	5.22	8.34	20.1	53.8
.3192	.57	1.00	1.39	1.99	3.02	5.38	8.66	21.2	57.7
.3306	.58	1.00	1.40	2.01	3.07	5.54	9.00	22.4	62.0
.3422	.59	1.00	1.41	2.04	3.13	5.71	9.34	23.6	66.5
.3540	.60	1.00	1.42	2.06	3.20	5.88	9.71	24.9	71.4

<sup>2</sup> Il valore di R rappresenta l'area sottesa dalla curva di distribuzione normale ridotta tra  $Z_R$  e  $+\infty$ . Per ciascun valore di R esiste un determinato valore di  $Z_R$  come specificato in tabella:

R %	$Z_R$
50	-0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674

R %	$Z_R$
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340

R %	$Z_R$
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645

R %	$Z_R$
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327

R %	$Z_R$
99.9	-3.090
99.99	-3.750

La valutazione di FR consente di valutare il fattore  $ZR \cdot S_0$  presente nella formula di dimensionamento proposta dall'AASHTO. Le indagini condotte dall'AASHTO raccomandano per pavimentazioni di tipo flessibile e semirigido un valore di  $S_0$  compreso tra 0.40 e 0.50. Valori inferiori sottintendono il fatto che il reale comportamento del traffico e dell'efficienza della pavimentazione è meno disperso intorno al valore medio.

La tabella EE.9 proposta dall'AASHTO Guide consente per un dato valore di affidabilità R e  $S_0$  di determinare il valore di FR. Il valore di affidabilità R sono consigliati in funzione dell'importanza dell'infrastruttura stradale, come mostrato nella tabella 9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni Stradali..

**Tabella 9 - Affidabilità e PSI**

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

### **Decadimento limite ammissibile della sovrastruttura.**

L'indice assunto dall'AASHTO per valutare il decadimento nelle delle sovrastrutture è il Present Serviceability Index PSI. Esso viene definito in funzione della media delle variazioni di pendenza del profilo, della profondità delle ormaie, della superficie delle buche e dei rattoppi, o di lesioni di determinate caratteristiche riferite all'unità di superficie.

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 0.01 \sqrt{C + P} - 1.38 RD$$

con:

- SV = media delle variazioni di pendenza del profilo longitudinale
- C = area delle buche e dei rappezzi, per unità di superficie;
- P = area fessurata o lesionata con particolari caratteristiche, per unità di superficie;
- RD = media delle misura di profondità delle ormaie.

I valori di variano da valori ottimi pari a 5 all'inizio della vita utile a valori limite di 0 quando l'efficienza della pavimentazione è nulla. Tuttavia livelli inferiori a  $1 \div 1.5$  non sono in genere accettabili poiché sarebbero compromessi i livelli di servizio e la sicurezza della strada. I valori limite ammissibili dipendono dall'importanza del collegamento stradale: quanto questo sarà maggiore tanto più alto deve essere il limite ammissibile di PSI.

Possono essere assunti i valori riportati nella tabella n°9 del Catalogo Italiano delle Pavimentazioni.

**Tabella 9 - Affidabilità e PSI**

Tipo di strada	Affidabilità (%)	PSI
1) Autostrade extraurbane	90	3
2) " urbane	95	3
3) Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	90	2.5
4) Strade extraurbane secondarie - ordinarie	85	2.5
5) " " " -turistiche	80	2.5
6) Strade urbane di scorrimento	95	2.5
7) " " di quartiere e locali	90	2
8) Corsie preferenziali	95	2.5

I valori iniziali di PSI difficilmente sono pari a 5. Valori più realistici sono compresi tra  $4.5 \div 4.8$ .

### Caratteristiche degli strati (Numero di struttura SN).

Nel metodo ad ogni strato (di spessore  $H_i$  espresso in pollici) viene assegnato un coefficiente di struttura (tabella n°1), che rappresenta il contributo dello strato alla prestazione complessiva della pavimentazione.

Un ulteriore fattore viene introdotto per considerare gli effetti del drenaggio (di tabella n°3). Il contributo di ogni singolo strato alla prestazione complessiva della pavimentazione è dato dal prodotto dei 2 coefficienti  $a_i$ , di per il suo spessore  $H_i$ .

$$SN_i = a_i H_i d_i$$

$SN_i$  = numero di struttura dell'i-esimo strato [inch];  
 $a_i$  = coefficiente di strato dell'i-esimo strato [adimensionale];  
 $H_i$  = spessore dell'i-esimo strato [inch].  
 $d_i$  = coefficiente di drenaggio dell'i-esimo strato.

I coefficienti di spessore  $a_i$  possono essere ricavati, per gli strati non legati, in funzione delle misure di CBR, attraverso le relazioni:

$$a_i = 0.00645 \cdot CBR^3 - 0.1977 \cdot CBR^2 + 29.14 \cdot CBR \quad \text{base}$$

$$a_i = 0.01 + 0.065 \cdot \log CBR \quad \text{fondazione}$$

In alternativa può essere impiegata una relazione in funzione del modulo resiliente:

$$a_i = a_g \sqrt[3]{\frac{E_i}{E_g}}$$

dove

$a_g$  = coefficiente di spessore standard secondo l'AASHTO Road Test  
 $E_i$  = modulo resiliente dello strato  
 $E_g$  = modulo resiliente del materiale standard secondo l'AASHTO Road Test

I valori di  $a_g$ ,  $E_g$  sono riportati nella seguente tabella.

Tipo di strato	Coeff. Spessore $a_g$	Mod. resiliente $E_g$ [MPa]
Congl. bituminoso per strati superficiali	0.44	3100
Base stabilizzata	0.14	207
Fondazione	0.11	104

Inoltre, si tiene conto del contributo dato dal sottofondo SNSG (structural number of subgrade)

Il valore di SN viene, infine, valutato con la seguente espressione<sup>3</sup>:

$$SN = \sum_{i=1}^{n_{\text{strati}}} a_i H_i d_i + SNSG \quad [\text{Inch}]$$

### Caratteristiche del sottofondo

<sup>3</sup> Se gli spessori sono espressi in mm l'espressione si modifica, tenendo conto che 1 pollice = 25.4 mm,

come segue:  $SN = \sum_i^{n_{\text{strati}}} a_i d_i \frac{H_i}{25.4} + SNSG = 0.03938 \sum_i^{n_{\text{strati}}} a_i d_i H_i + SNSG$

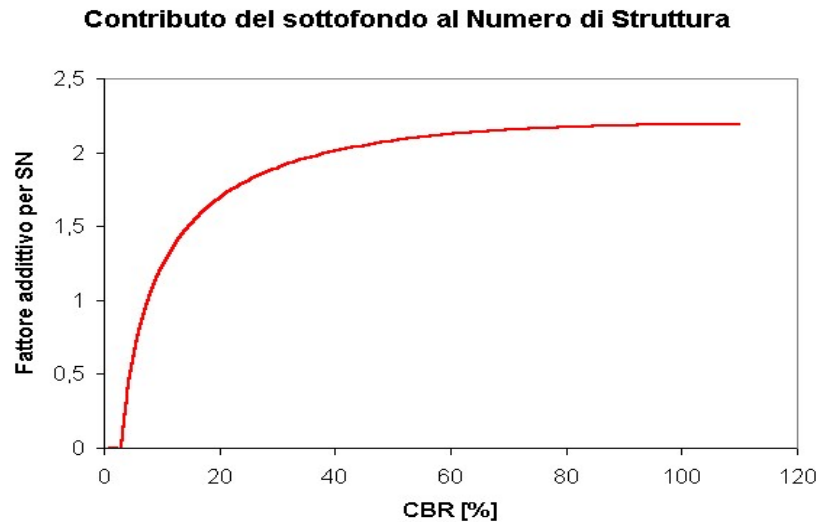
Le caratteristiche del sottofondo vengono considerate nella formula di dimensionamento proposta dall'AASHTO attraverso il modulo resiliente MR espresso in psi (pound square inch)<sup>4</sup>

Il contributo del sottofondo viene introdotto attraverso la sua capacità portante CRB:

$$SNSG = 3.51 \log_{10} CBR - 0.85 (\log_{10} CBR)^2 - 1.43 \quad \text{per } CBR \geq 3$$

$$SNSG = 0 \quad \text{per } CBR < 3$$

CBR = indice di portanza CBR (California Bearing Ratio) [%].



La valutazione di SN può essere condotta indirettamente attraverso le correlazioni con altri parametri che descrivono le caratteristiche strutturali delle sovrastrutture. Tra questi un legame particolarmente utile risulta quello tra SN e il modulo resiliente del sottofondo MR.

$$CBR = \frac{M_R}{10}$$

$M_R$  = modulo resiliente del sottofondo in MPa

CBR = indice di portanza CBR (California Bearing Ratio) [%].

**Tab. n°1**

<sup>4</sup> 1 pound = 0.4536 kg    1 psi = 0.4536/2.45<sup>2</sup> = 0.0703081 kg/cm<sup>2</sup> = 101.500 · 0.0703081 = 7136.2722 Pa  
1 inch = 2.54 cm

Pavement Layer	Layer Strength Coefficient $a_i$				
	TRL (1975)	AASHTO (1993)	Paterson (1987)	CRRl (1993b)	Cenek and Patrick (1994)
<i>Surface Courses</i>					
Surface Treatment (ST)			0.20 - 0.40		0.300
Surface Dressing (SSD/DSD)	0.100			0.180	
Premix Carpet (PMC)				0.250	
Semi-Dense Carpet (SDC), 25mm	0.200		0.200		0.200
Asphalt Mixture (cold/hot premix of low stability)	0.180			0.300	
Asphalt Concrete (AC), 25 mm			0.300		0.300
Asphalt Concrete (AC), 40/ 25 mm			0.400		0.400
AC, MR30 = 1500 MPa			0.500		0.450
AC, MR30 = 2500 MPa					
AC, MR30 = 4000 MPa					
Elastic Mod. at 68F, E = 100,000 psi		0.200			
Elastic Mod. at 68F, E = 200,000 psi		0.300			
Elastic Mod. at 68F, E = 300,000 psi		0.350			
Elastic Mod. at 68F, E = 400,000 psi		0.425			
<i>Base Courses</i>					
GB, CBR = 30%	0.070	0.095	0.00-0.07		
GB, CBR = 50%	0.100	0.110	0.00-0.10		
GB, CBR = 70%	0.120	0.125	0.10-0.12		
GB, CBR = 90%	0.135	0.130	0.12-0.13		
GB, CBR = 110%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam (WBM)				0.140	0.140
CB, UCS = 0.7 MPa	0.100	0.100	0.100		
CB, UCS = 2.0 MPa	0.150	0.140	0.150		
CB, UCS = 3.5 MPa	0.200	0.175	0.200		
CB, UCS = 5.0 MPa	0.245	0.205	0.240		
Bituminous Base Material			0.320		
Dense Bituminous Macadam/				0.200	
Built-Up Spray Grout (BUSG)				0.160	
Thin Bituminous Layer, BT				0.140	
AB, Marshall Stability, 200 lb		0.120			
AB, Marshall Stability, 400 lb		0.160			
AB, Marshall Stability, 800 lb		0.200			
AB, Marshall Stability, 1200 lb		0.240			
<i>Sub-base Courses</i>					
GB, CBR = 5%	0.055	0.040	0.060		
GB, CBR = 15%	0.085	0.090	0.090		
GB, CBR = 25%	0.100	0.100	0.100		
GB, CBR = 50%	0.120	0.130	0.120		
GB, CBR = 100%	0.140	0.140	0.140		
Water Bound Macadam, Oversized				0.140	
Brick Soling				0.120	
Brick Ballast/ Aggregates				0.120	
Local Gravel/ Kankar				0.100	
Cemented Materials,			0.140		

Source: Chakrabarti and Bennett (1994)

### Coefficienti di drenaggio.

Nella AASHTO (Design Guide versione 1986 e1993) i coefficienti di drenaggio, di sono usati per modificare il valore del coefficiente di spessore ai di ogni strato non stabilizzato al di sopra del sottofondo in una pavimentazione flessibile.

Gli strati in conglomerato bituminoso (in materiali legati) non sono influenzati da un eventuale cattivo drenaggio dello strato o dal tempo in cui si trova in condizioni di saturazione. In questi casi il coefficiente di drenaggio vale comunque 1.

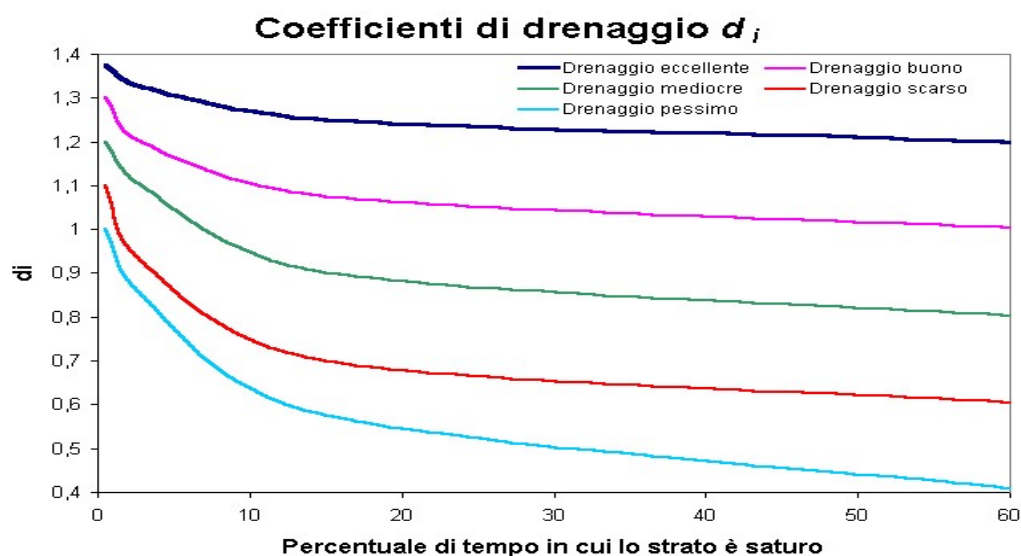
Per gli altri strati i coefficienti di drenaggio sono determinati considerando la qualità del drenaggio e il tempo, in percentuale, che la pavimentazione è esposta a livelli di umidità vicino alla saturazione. L'effetto di un efficiente drenaggio è quello di fornire valori elevati di SN e, pertanto, si traduce in una riduzione delle fessurazioni, delle ormaie e delle irregolarità della superficie stradale.

**Tab. n°2**

Qualità del drenaggio	Tempo di rimozione dell'acqua
Eccellente	2 ore
Buona	1 giorno
Media	1 settimana
Scarsa	1 mese
Molto scarsa	Non rimossa

**Tab. n°3**

	Percentuale di tempo nel quale gli strati non legati sono in condizioni prossime alla saturazione			
Qualità drenaggio	< 1%	Da 1% a 5%	Da 5% a 25%	> 25%
Eccellente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buona	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Media	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Scarsa	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Molto scarsa	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40



## INDICAZIONI DI PROGETTO

Il progetto ha quindi ragionato sulla riorganizzazione delle funzioni e della viabilità interna al comparto in modo da renderla funzionale alle nuove attività insediate e a quelle esistenti.

L'accesso all'impianto avviene da via Tebano e dall'ingresso, attraverso l'inserimento di una nuova rotatoria, i flussi vengono distribuiti e indirizzati verso le principali aree funzionali previste dal progetto :

- Edificio federazione: alloggio custode/ servizi/ spazi per la federazione/ ricovero mezzi d'opera
- Edificio multifunzionale e spogliatoio atleti
- Parcheggio pubblici
- Area paddock

La viabilità interna al comparto e le aree pedonali in prossimità dei nuovi edifici, saranno realizzati in terra stabilizzata e legata mediante un sistema che prevede l'utilizzo di idoneo misto granulare naturale di cava, acqua di impasto e legante-consolidante ecocompatibile a base di calci idrauliche e ossidi inorganici.

La miscela agisce convertendo le particelle di terreno in sostanze colloidali che contribuiscono alla coesione del conglomerato di base, nonché al miglioramento dell'efficienza e delle prestazioni meccaniche della pavimentazione finita. La qualità delle materie prime consente di legarsi a terre di diverse classi di appartenenza e di apportare un sensibile incremento dei requisiti meccanico-prestazionali dei materiali trattati, mantenendone pressoché inalterato l'aspetto estetico originale, assicurando quindi il più basso impatto ambientale possibile.

La tecnologia utilizzata è ecocompatibile, riciclabile al 100%, e garantisce un aspetto naturale che non altera né contrasta con l'ambiente circostante.

Con questo tipo di soluzione si eliminano i difetti tipici legati alla carrabilità, come la polverosità, il fango, la presenza di buche e di orme tracciate nel tempo dal passaggio di pneumatici. Il miglioramento dei requisiti meccanico-prestazionali dei materiali trattati determinano un'alta durabilità alla pavimentazione.

Gli spessori di finitura previsti dal progetto variano in funzione della tipologia di pavimentazione per le due tipologie di pavimentazione:

- 15 cm per le pavimentazioni carrabili
- 8-10 cm per quelle pedonali e ciclabili

Il sistema della viabilità principale sarà dotato di un sistema di smaltimento delle acque meteoriche tradizionale con un sistema di caditoie di tipo carrabile e pozzetti collegati alle tubazioni di scarico della rete delle acque bianche.

All'interno delle aree verdi ai lati della viabilità, per la gestione e lo smaltimento delle acque meteoriche, verranno realizzate depressioni inerbite con trincee drenanti e tubazioni drenanti fessurate.





## ZONA PARCHEGGI E AREA SOSTA

Il progetto prevede di realizzare un parcheggio pubblico dotato di 112 posti auto di cui 3 per portatori di handicap. E previsto inoltre anche un parcheggio moto dotato di 42 posti.

Uno degli obiettivi perseguiti dal progetto è quello di mitigare l'impatto delle aree di sosta, facendo in modo che queste, quando sono vuote, vengano percepite come aree verdi e non come piazzali, privilegiando scelte e soluzioni progettuali di minore trasformazione paesaggistica e maggiore integrazione naturalistica.

Con questo intento, è stato progettato il parcheggio pubblico, la cui viabilità principale sarà realizzata in continuità con la finitura prevista per le parti carrabili all'ingresso, e cioè in inerti terrosi stabilizzati, un materiale che oltre ad essere riconosciuto per le sue qualità antisdrucciolevoli, restituisce compattezza allo strato di finitura rendendolo adatto quindi all'attraversamento carrabile.

Anche in questo caso, trattandosi di una pavimentazione carrabile, lo spessore di finitura previsto dal progetto è di 15 cm su un sottofondo di materiale arido compattato di recupero (riciclato di cemento e riciclato di materia opportunamente certificati) di 30/35 cm.

Gli stalli per il parcheggio delle auto saranno invece realizzati utilizzando la tecnica della ghiaia rinverdita, attraverso la sovrapposizione di stratificazioni di inerti tradizionali (sabbie di fondo, stabilizzati e ghiaie di finitura) che consentono di sostenere il carico di mezzi meccanici, pur mantenendo l'aspetto naturale dell'area del tutto simile all'immagine dei prati attuali.

La ghiaia in superficie (miscelata a terreno per una quota del 30% sabbia e torba per garantire un adeguato apporto di sostanze nutritive e organiche) viene posata su uno strato di sottofondo in ghiaia stabilizzata, selezionata nella composizione granulometrica per eliminare la porzione più fine, a vantaggio della maggiore capacità di drenare le acque meteoriche superficiali e successivamente seminata con specie erbacee molto rustiche (*Festuca arundinacea*).

Nel progetto del parcheggio verranno utilizzati i sistemi di drenaggio urbano sostenibili (best management practices), volti a riequilibrare il ciclo dell'acqua in ambito urbano, collaborando alla riduzione dell'impatto della pressione antropica sulla qualità e quantità del deflusso e massimizzando le opportunità connesse alla qualità del paesaggio, tra cui fruizione, biodiversità e microclima.

La permeabilità dei materiali diviene quindi una caratteristica molto importante, non solo per il valore estetico a questa attribuito ma anche per il tema della regimazione delle acque meteoriche in ambito urbano.

Le acque vengono convogliate, attraverso le pendenze superficiali dai corselli in inerti terrosi stabilizzati verso l'interno degli stalli, dove le trincee drenanti hanno il compito di raccogliere e stoccare temporaneamente le acque in esubero (rispetto alla capacità di assorbimento del terreno superficiale) garantendo un consono assorbimento delle acque anche durante eventi meteorici intensivi, escludendo la formazione di ristagni. Le tubazioni dreno fessurate posizionate all'interno delle trincee drenanti e collegate alla rete di smaltimento hanno il compito di smaltire l'acqua in esubero che si dovesse eventualmente raccogliere all'interno delle trincee stesse. Le zone permeabili che contengono le alberature, così come la pavimentazione degli stalli delle auto, diventano aree capaci di stoccare l'acqua in eccesso e restituirla lentamente al terreno.

Questa soluzione consente di mantenere la permeabilità superficiale, delle aree in ghiaia rinverdita, favorendo l'assorbimento delle acque piovane che vengono quindi stoccate nelle trincee drenanti, previste negli assi centrali degli stalli di sosta, e cedute gradualmente al terreno.

Le caratteristiche tecniche descritte consentono di definire la ghiaia rinverdita come un tipo di pavimentazione drenante con caratteristiche analoghe ad un terreno agrario, dove l'assorbimento dell'acqua meteorica dipende dalla struttura del terreno ed è tanto maggiore quanto la composizione granulometrica è sabbiosa.

La struttura della ghiaia rinverdita, ricca di spazi liberi tra la ghiaia, sottofondi selezionati e sabbie, esalta la porosità della struttura garantendo la permeabilità, lo scorrimento sotto superficiale e lo smaltimento degli eccessi verso i margini drenati, così come avviene in campagna con il sistema di fossi e scoline per raccogliere e allontanare le acque in esubero.

Contenere il flusso di picco, rallentare il flusso idrico, ridurre il volume di acqua finale recapitato nel ricettore e il tempo di corrivazione, rappresentano i principi chiave su cui verte l'intero progetto in materia di drenaggio sostenibile delle acque superficiali.

Il sistema della viabilità principale sarà dotato di un sistema di smaltimento delle acque meteoriche tradizionale con un sistema di caditoie di tipo carrabile e pozzetti collegati alle tubazioni di scarico della rete delle acque bianche.

## **AREA PUNP TRACK**

Il Pump track è un percorso ad anello per mountain bike o similari, composto da tratti con curve di tipo parabolico raccordate a tratti rettilinei con dossi in sequenza di varia altezza. L'utilizzo del Pump track permette di affinare le proprie capacità di controllo del mezzo, sfruttando la spinta sulle gobbe e sulle curve per spostarsi in avanti senza la necessità di pedalare. È un tipo di percorso adatto sia ai neofiti, sia ai più esperti e viene definito rispettando alcuni criteri costruttivi che

tengono conto dei raggi di curvatura delle paraboliche, dell'altezza dei dossi e della loro sequenza, oltre al raccordo ottimale tra curve e tratti rettilinei.

Il progetto prevede la costruzione di un Pump track con superficie di percorrenza in conglomerato bituminoso, in modo da potere ottenere una struttura che non abbia necessità di manutenzione e garantisca sempre il migliore utilizzo. Tale tipo di struttura si integra al meglio con il parco esistente senza alterarne in modo significativo l'aspetto.

Largo in media 2mt ed è pensato per un utilizzo in mountain bike, ma si adatta a qualsiasi mezzo dotato di ruote come rollerblade, skateboard e monopattini garantendo l'accessibilità ad un elevato numero di fruitori. Non richiede particolari interventi di manutenzione e si può considerare un vero e proprio impianto sportivo duraturo e definitivo.

Un Pump track ha inoltre una forte valenza sociale e può divenire un punto d'incontro, un naturale luogo di aggregazione sociale e di ritrovo spontaneo dove promuovere uno stile di vita sano e attivo all'aria aperta a tutte le generazioni.

Rappresenta un'occasione per allenare i propri riflessi e prepara nel migliore dei modi ad affrontare sia i percorsi da mountain bike che anche il traffico stradale.

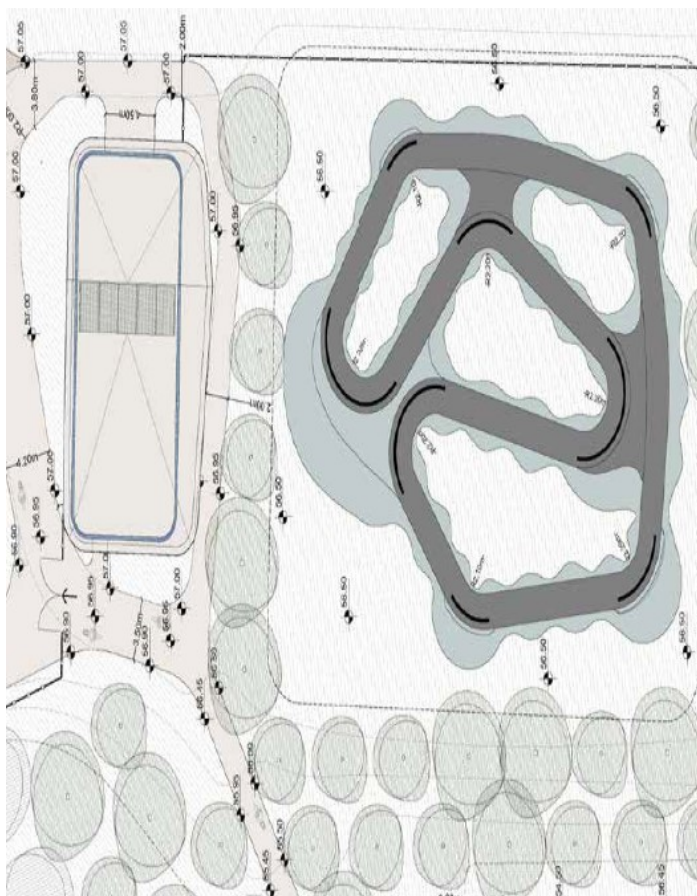
E' una struttura che promuove uno stile di vita sano e attivo, aiuta non solo nel miglioramento dell'equilibrio e della coordinazione, ma aiuta a sconfiggere le proprie paure, insegna a non toccare i freni in curva e a fidarsi delle proprie capacità.

Dal 2019 l'unione ciclistica internazionale ha regolamentato ed inserito ufficialmente l'impianto di Pump track come disciplina UCI.

Il progetto prevede una pista da Pump track di una lunghezza di ca. 130m (in pianta) e 135m (in percorrenza), su una superficie di occupazione di 45m\*40m, con una carreggiata di 200cm, curve paraboliche con raggio di curvatura (esterno) di ca. 400cm e dossi con dislivello tra 30-45cm.

Nell'ottica di integrare al meglio il Pump track all'interno del parco, si prevede di ricoprire le parti in rilevato con manto erboso. Anche i dossi verranno mitigati con un raccordo dolce e progressivo con il terreno esistente, in modo da non risaltare in maniera eccessiva. La finitura superficiale è in conglomerato realizzata su un pacchetto in materiale inerte di granulometria idonea a stabilizzare la struttura e a permettere un corretto drenaggio dell'acqua.

Il sistema di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche è un elemento essenziale per il corretto funzionamento e mantenimento di una pista da Pump track, evitando punti di accumulo, zone fangose e pozze varie. Questo avviene per mezzo di tubi e pozzetti, collegati alle tubazioni di scarico della rete delle acque bianche.



## ADEGUAMENTO AREA PADDOCK

Il paddock esistente viene conservato e ampliato nella parte più a sud del comparto, nell'area ora adibita a pista di riscaldamento per il moto cross. Tale area verrà sviluppata complessivamente su un'estensione di circa 20000 mq mantenendo inalterate le caratteristiche attuali e intervenendo prevalentemente sulla viabilità.

La viabilità carrabile prevista all'interno dell'area paddock e della sua estensione verrà realizzata per lo più sul sedime stradale esistente costituito da riporti di materiale arido e stabilizzato. Il progetto prevede uno scavo di pulizia superficiale (20 cm) e il riporto di frantumato di cemento per uno spessore variabile tra i 20/25 cm e uno spessore di 10/15 cm di frantumato di maceria come sottofondi (30/35 cm) da valutare accuratamente in fase di inizio dei lavori, previo campionature e relative prove su piastra in modo da poter scegliere assieme alla D.L. l'opportuno mix tra i due materiali di recupero per poter ottimizzare la struttura stradale.

Superficialmente verrà effettuato un trattamento ecologico di depolverizzazione triplo strato realizzato su fondo in misto granulare non legato che consiste in tre strati sovrapposti di emulsione bituminosa e pietrischi selezionati stesi con una macchina combinata dotata di sistema elettronico di dosaggio del legante e degli inerti.

Questa lavorazione consente di eliminare la polvere migliorando allo stesso tempo la regolarità e l'aderenza dei percorsi e consiste nella applicazione di tre strati di emulsione e pietrischetto posato su di un sottofondo in misto granulare stabilizzato opportunamente preparato. Sono diversi i fattori che concorrono a definire ecologici questi interventi, primo fra tutti le emulsioni sono lavorate a "freddo", cioè con temperature che non superano i 60 C° e questo evita l'emissione di fumi ed esalazioni nell'aria e danni ad operatori e ambiente. Il basso impatto ambientale della pavimentazione ecologica si ottiene grazie all'utilizzo di diverse tipologie e colorazioni d'inerte che permettono l'integrazione della strada con il contesto circostante. L'applicazione del triplo strato diminuisce i costi di manutenzione in quanto evita i continui apporti di materiale per mantenere nel tempo le caratteristiche del manto stradale delle tradizionali strade bianche e i disagi causati da fango e polvere, garantendo un buon drenaggio delle acque superficiali, un'eccellente aderenza e una buona resistenza all'usura. Il risultato è un manto impermeabile con caratteristiche di grande elasticità e adattamento alle escursioni termiche che gli consentono di adattarsi senza fessurare ad eventuali deformazioni della fondazione.

La possibilità di selezionare inerti adatti ad integrarsi nel paesaggio circostante consente spesso l'utilizzo in aree sottoposte a vincoli di carattere ambientale, naturalistico, architettonico o di particolare valore storico-paesaggistico. Il risultato finale è una pavimentazione elastica e resistente, che assume superficialmente il colore e le caratteristiche della graniglia prescelta.

Tra i fattori che concorrono a definire i trattamenti superficiali a basso impatto ambientale, in conformità all'indirizzo della Comunità Europea sulla transizione ecologica, si possono evidenziare:

- la lavorazione a freddo delle emulsioni bituminose (le temperature non superano i 65°C) che riduce drasticamente l'emissione di fumi ed esalazioni;
- il considerevole risparmio nell'utilizzo di materiale vergine rispetto ad una pari superficie in conglomerato bituminoso;
- il basso impatto ambientale in aree di alto valore paesaggistico grazie all'utilizzo di diverse tipologie di inerte che consentono una perfetta integrazione nel contesto circostante;
- la riduzione dei consumi di energia;
- la riduzione delle emissioni di CO<sup>2</sup> (per produrre una tonnellata di conglomerato bituminoso si immettono nell'atmosfera 26 kg di anidride carbonica mentre per produrre una tonnellata di emulsione bituminosa le emissioni di CO<sub>2</sub> passano a solo 2,2 Kg)

Anche per l'area paddock e la sua estensione lo smaltimento e lo stoccaggio delle acque meteoriche avviene, in continuità con quanto fatto nelle altre aree, attraverso la realizzazione di trincee drenanti opportunamente dimensionate e da tubazioni dreno fessurate posizionate al loro



interno e collegati alla rete di smaltimento che hanno il compito di smaltire l'acqua in esubero che si dovesse eventualmente raccogliere all'interno delle trincee stesse.

Le piazzole di sosta realizzate all'interno dell'estensione dell'area paddock, verranno realizzate anch'esse con le tecniche della ghiaia rinverdata in modo da garantire il carico di mezzi meccanici mantenendo la massima permeabilità dei suoli e l'aspetto naturale dell'area del tutto simile all'immagine dei prati attuali.



## LA PAVIMENTAZIONE STRADALE

**Il pacchetto stradale sarà:**

### - caso 1

- 1) Fondo esistente composto da materiale misto esistente e costipato negli anni (sp. Variabile dai 20 -50cm)
- 2) TNT, separatore
- 3) 20/25 cm di riciclato di calcestruzzo
- 4) 10/15 cm di riciclato di maceria
- 5) Terra solida avente spessore 8/10 cm

### - caso 2

- 1) Fondo esistente composto da materiale misto esistente e costipato negli anni (sp. Variabile dai 20 -50cm)
- 2) TNT, separatore
- 3) 20/25 cm di riciclato di calcestruzzo
- 4) 10/15 cm di riciclato di maceria
- 5) Trattamento superficiale bituminoso tipo spessore 3 cm

**- caso 3**

- 1) Fondo esistente composto da materiale misto esistente e costipato negli anni (sp. Variabile dai 20 -50cm)
- 2) TNT, separatore
- 3) Misto spaccato 5/30 ( per favorire il drenaggio) dello spessore medio di circa 30 cm
- 4) Ghiaia rinverdita avente spessore medio di circa 15 cm

**- caso 4**

- 1) Fondo esistente composto da materiale misto esistente e costipato negli anni (sp. Variabile dai 20 -50cm)
- 2) TNT, separatore
- 3) 20/25 cm di riciclato di calcestruzzo
- 4) 10/15 cm di riciclato di maceria
- 5) Terra solida avente spessore 15 cm

Di fatto dopo aver inserito i dati nel programma si ottengono i seguenti risultati relativi alle 4 casistiche:

**CASO 1**

DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)						
STRATI	Spessore $s_i$ (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore ( $a_i$ )	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	$M_R$ (psi)
RIRCLATO MACERIA	10				<b>5,00</b>	7006,46
RICICLATO CLS	25		0,12	30,00		
Base cementata	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,22</b>	0,00		
Base bitumata	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,18</b>	0,00		
Collegamento	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,40</b>	0,00		
Usura	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,45</b>	0,00		
				<b>30,00</b>		

SNSG =

0,608109508

SN = SNSG+0,0394 $\sum$  $s_i \cdot d_i \cdot a_i$  =

**1,996510012**

Log<sub>10</sub>W<sub>18</sub> = **4,122644**

Pari ad un transito ammissibile W<sub>18</sub> :  
a fronte di un transito complessivo di

32.128	assi da 8t	
30.015	assi da 8t	<b>VERIFICATO</b>

# DETERMINAZIONE TRAFFICO DI PROGETTO W18

A) TIPO DI DETERMINAZIONE SINTETICA/ANALITICA DA =

A

## B) DETERMINAZIONE SINTETICA

Numero assi di giorno per corsia =

200

assigerni

Passi anno =

12

semestre

Numero giorni commerciali per settimana (gg) =

5

Numero settimane commerciali per anno (n sett.) =

52

Tasso crescita traffico durante la vita utile

0,03

Vita utile in anni

(n<sub>u</sub>) =

20

Numero transiti totali W<sub>18</sub> =

7.875.020

Asse da 0,1

## C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TOT =

50

Numero giorni commerciali per settimana (gg) =

5

Numero settimane commerciali per anno (n sett.) =

52

Aliquota di traffico per direzione su corsia (q<sub>d</sub>) =

0,5

Percentuale veicoli commerciali (p<sub>c</sub>) =

0,20

Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (q<sub>v</sub>) =

0,50

Coefficiente di dispersione della traiettoria (d) =

0,8

Numero medio di assi per veicolo commerciale

(n<sub>av</sub>) =

2,8

Tasso crescita traffico durante la vita utile

0,03

Vita utile in anni

(n<sub>u</sub>) =

20

Spettro traffico distribuzione delle 15 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle peschierizzazioni per strada tipo B)

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Passi anno (P <sub>av</sub> )												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Numero di assi distribuiti per corsia	1												
2	0,00%			1											
3	0,00%				1										
4	0,00%					1				1					
5	0,00%						1							1	
6	0,00%							1		2					
7	0,00%								1						
8	0,00%									2	1				
9	0,00%											1			
10	0,00%												1		
11	0,00%													1	
12	0,00%														1
13	0,00%														

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Frequenze parziali degli assi												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Frequenza degli assi distribuiti per corsia													
2	0,00%														
3	0,00%														
4	0,00%														
5	0,00%														
6	0,00%														
7	0,00%														
8	0,00%														
9	0,00%														
10	0,00%														
11	0,00%														
12	0,00%														
13	0,00%														

Passi anno (P <sub>av</sub> )	Frequenza assi	Frequenza equivalente 4° potenza	Transiti da 0,1
1	0,00%	0,00000	0,00%
2	0,00%	0,00000	0,00%
3	0,00%	0,00000	0,00%
4	0,00%	0,00000	0,00%
5	0,00%	0,00000	0,00%
6	0,00%	0,00000	0,00%
7	0,00%	0,00000	0,00%
8	0,00%	0,00000	0,00%
9	0,00%	0,00000	0,00%
10	0,00%	0,00000	0,00%
11	0,00%	0,00000	0,00%
12	0,00%	0,00000	0,00%
13	0,00%	0,00000	0,00%
TOTALE	200,0%	0,00000	0,00%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 200,0 assi di differente peso, che corrispondono al passaggio di 200,0 assi equivalenti da 0,1.

Numero transiti totali W<sub>18</sub> =

30.016

Asse da 0,1

## CASO 2

## DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)

STRATI	Spessore $s_i$ (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore ( $a_i$ )	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	$M_R$ (psi)
RICICLAT MACERIA					<b>5,00</b>	7006,46
RICICLAT CLS	25	<b>1</b>	0,11	30,00		
Base cementata	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,22</b>	0,00		
Base bitumata	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>0,18</b>	5,40		
Collegamento	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,40</b>	0,00		
Usura	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,45</b>	0,00		
				35,40		

SNSG =

0,608109508

SN = SNSG + 0,0394  $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$  =**2,013509128** $\log_{10} W_{18} =$  **4,251123**

Pari ad un transito ammissibile  $W_{18}$  :  
a fronte di un transito complessivo di

62.541	assi da 8t	
60.128	assi da 8t	<b>VERIFICATO</b>



# DETERMINAZIONE TRAFFICO DI PROGETTO W18

A) TIPO DI DETERMINAZIONE SINTETICA/ANALITICA S/A =

**A**

## B) DETERMINAZIONE SINTETICA

Numero assi al giorno per corsia = **200** assi/giorno  
 Peso asse = **18** tonnellate  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = **5**  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = **52**  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile  $r =$  **0,03**  
 Vita utile in anni  $(n) =$  **20**  
 Numero transiti totali  $W_{18} =$  **35.810.232** Asse da 8 t

## C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TGM = **40**  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = **5**  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = **52**  
 Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) = **0,5**  
 Percentuale veicoli commerciali (p) = **0,25**  
 Aliquota di veicoli commerciali sulle corsie di marcia normale (pl) = **0,95**  
 Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) = **0,8**  
 Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) = **2,5**  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile  $r =$  **0,03**  
 Vita utile in anni  $(n) =$  **20**

Spettro traffico (distribuzione delle 16 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle pavimentazioni per strada tipo B)

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Peso assi (ton)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Numero di assi distribuiti per peso	1	1											
2	13,10%			1	1										
3	39,50%					1				1					
4	10,50%						1						1		
5	7,90%							1		2					
6	2,60%								1			2			
7	2,60%					1				2	1				
8	2,50%							1				3			
9	2,60%					1				4					
10	2,50%							1			2	2			
11	2,60%								1	3		1			
12	2,60%										3		1		
13	0,50%						1							1	3
14	0,00%					1				1					
15	0,00%							1				1			
16	10,50%						1			1					

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Frequenze parziali degli assi												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Frequenza degli assi distribuiti per peso													
2	13,10%		13,1%	13,1%											
3	39,50%				39,5%					39,5%					
4	10,50%					10,5%						10,5%			
5	7,90%					7,9%				10,8%					
6	2,60%						2,6%					5,2%			
7	2,60%							2,6%		5,2%	2,6%				
8	2,50%								2,5%			7,5%			
9	2,60%									10,6%					
10	2,50%								2,5%		5,0%	5,0%			
11	2,60%									7,8%	2,6%				
12	2,60%											2,6%			
13	0,50%						0,5%						0,5%	1,5%	
14	0,00%														
15	0,00%														
16	10,50%							10,5%		10,8%					
			13,1%	13,1%	55,2%	21,5%	10,2%		69,2%	15,4%	25,3%	13,1%	0,5%	1,5%	

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4 <sup>a</sup> potenza	Transiti da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00391	0,58%
3	13,1%	0,01978	0,28%
4	55,2%	0,08250	3,45%
5	21,5%	0,18259	3,28%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,36618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,56%
11	13,1%	3,57446	46,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97200	10,46%
TOTALE	253,1%	TOTALE	233,51%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di **253,1** assi di differente peso, che corrispondono al passaggio di **233,5** assi equivalenti da 8 t.

Numero transiti totali  $W_{18} =$  **60.128** Asse da 8 t

D) VALORE DI CALCOLO  $W_{18}$ :

**60.128**

Asse da 8 t

## CASO 3

## DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)

STRATI	Spessore $s_i$ (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore ( $a_i$ )	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	$M_R$ (psi)
Sottofondo					<b>5,00</b>	7006,46
Fondazione	<b>450</b>	<b>1</b>	<b>0,12</b>	54,00		
Base cementata	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,22</b>	0,00		
Base bitumata	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,18</b>	0,00		
Collegamento	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,40</b>	0,00		
Usura	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,45</b>	0,00		
				<b>54,00</b>		

SNSG =

0,608109508

SN = SNSG+0,0394 $\Sigma s_i \cdot d_i \cdot a_i$  =**2,735709508**Log<sub>10</sub>W<sub>18</sub> = **5,349084**

Pari ad un transito ammissibile W<sub>18</sub> :  
a fronte di un transito complessivo di

<b>223.401</b>	assi da 8t	
<b>61.993</b>	assi da 8t	<b>VERIFICATO</b>

# DETERMINAZIONE TRAFFICO DI PROGETTO W18

A) TIPO DI DETERMINAZIONE SINTETICA/ANALITICA S/A =

A

## B) DETERMINAZIONE SINTETICA

Numero assi al giorno per corsia = 200 assi/giorno  
 Peso asse = 18 tonnellate  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = 5  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = 52  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile r = 0,03  
 Vita utile in anni (n) = 20  
 Numero transiti totali  $W_{18}$  = 35.810.232 Assi da 8 t

## C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TGM = 40  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = 5  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = 52  
 Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) = 0,5  
 Percentuale veicoli commerciali (p) = 0,25  
 Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pl) = 0,95  
 Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) = 0,8  
 Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) = 2,5  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile r = 0,03  
 Vita utile in anni (n) = 20

Spettro traffico (distribuzione delle 16 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle pavimentazioni per strada tipo B)

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Peso assi (ton)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Numero di assi distribuiti per peso	1	1											
2	13,10%			1	1										
3	39,50%					1				1					
4	10,50%						1						1		
5	7,90%					1				2					
6	2,60%							1				2			
7	2,60%					1				2	1				
8	2,50%							1				3			
9	2,60%					1				4					
10	2,50%							1			2	2			
11	2,60%					1				3		1			
12	2,60%							1			3		1		
13	0,50%						1							1	3
14	0,00%					1				1					
15	0,00%							1				1			
16	10,50%						1			1					

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Frequenze parziali degli assi												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Frequenza degli assi distribuiti per peso													
2	13,10%		13,1%	13,1%											
3	39,50%				39,5%					39,5%					
4	10,50%					10,5%							10,5%		
5	7,90%					7,9%				15,8%					
6	2,60%						2,6%					5,2%			
7	2,60%					2,6%				5,2%	2,6%				
8	2,50%						2,5%					7,5%			
9	2,60%					2,6%				10,4%					
10	2,50%						2,5%				5,0%	5,0%			
11	2,60%					2,6%				7,8%		2,6%			
12	2,60%							2,6%			7,8%		2,6%		
13	0,50%						0,5%							0,5%	1,5%
14	0,00%														
15	0,00%														
16	10,50%						10,5%			10,5%					
			13,1%	13,1%	55,2%	21,5%	10,2%		89,2%	15,4%	20,3%	13,1%	0,5%	1,5%	

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4 <sup>a</sup> potenza	Transiti da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00391	0,05%
3	13,1%	0,01978	0,26%
4	55,2%	0,06250	3,45%
5	21,5%	0,15259	3,28%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,58618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,56%
11	13,1%	3,57446	46,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97290	10,46%
TOTALE	253,1%	TOTALE	233,51%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono al passaggio di 233,5 assi equivalenti da 8 t.

Numero transiti totali  $W_{18}$  = 61.993 Assi da 8 t

D) VALORE DI CALCOLO  $W_{18}$ :

61.993 Assi da 8 t

## CASO 4

## DETERMINAZIONE STRUCTURAL NUMBER (SN)

STRATI	Spessore $s_i$ (mm)	Coefficient e drenaggio	Coefficiente spessore ( $a_i$ )	$s_i \cdot d_i \cdot a_i$	CBR	$M_R$ (psi)
RICILAT MACERIA	10				5,00	7006,46
TERRA SOLID + RIC. CLS	40	1	0,12	48,00		
Base cementata	0	1	0,22	0,00		
Base bitumata	0	1	0,18	0,00		
Collegamento	0	1	0,40	0,00		
Usura	0	1	0,45	0,00		
				48,00		

SNSG =

0,608109508

SN = SNSG+0,0394 $\sum s_i \cdot d_i \cdot a_i$  =

2,541082172

Log<sub>10</sub>W<sub>18</sub> = 5,081423

Pari ad un transito ammissibile W<sub>18</sub> :  
a fronte di un transito complessivo di

301.521	assi da 8t	
69.845	assi da 8t	VERIFICATO

# DETERMINAZIONE TRAFFICO DI PROGETTO W18

A) TIPO DI DETERMINAZIONE SINTETICA/ANALITICA S/A =

A

## B) DETERMINAZIONE SINTETICA

Numero assi al giorno per corsia = 200 assi/giorno  
 Peso asse = 18 tonnellate  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = 5  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = 52  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile  $r = 0,03$   
 Vita utile in anni  $(n) = 20$   
 Numero transiti totali  $W_{13} = 35.810.232$  Assi da 8 t

## C) DETERMINAZIONE ANALITICA

TGM = 50  
 Numero giorni commerciali per settimana (gg) = 5  
 Numero settimane commerciali per anno (n.sett.) = 52  
 Aliquota di traffico per direzione più carica (pd) = 0,5  
 Percentuale veicoli commerciali (p) = 0,25  
 Aliquota di veicoli commerciali sulla corsia di marcia normale (pi) = 0,95  
 Coefficiente di dispersione delle traiettorie (d) = 0,8  
 Numero medio di assi per veicolo commerciale (na) = 2,5  
 Tasso crescita traffico durante la vita utile  $r = 0,03$   
 Vita utile in anni  $(n) = 20$

Spettro traffico (distribuzione delle 16 categorie dei veicoli considerati dal Catalogo Italiano delle pavimentazioni per strada tipo B)

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Peso assi (ton)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Numero di assi distribuiti per peso	1	1											
2	13,10%		1	1											
3	39,50%					1				1					
4	10,50%						1						1		
5	7,90%									2					
6	2,60%							1				2			
7	2,60%					1				2	1				
8	2,50%							1				3			
9	2,60%					1				4					
10	2,50%							1			2	2			
11	2,60%					1				3		1			
12	2,60%							1			3		1		
13	0,50%						1							1	3
14	0,00%														
15	0,00%							1				1			
16	10,50%								1		1				

Tipo veicolo commerciale	Percentuale %		Frequenze parziali degli assi												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,00%	Frequenza degli assi distribuiti per peso													
2	13,10%		13,1%	13,1%											
3	39,50%				39,5%					10,5%					
4	10,50%					10,5%						10,5%			
5	7,90%					7,9%				11,8%					
6	2,60%						2,6%				5,2%				
7	2,60%					2,6%				5,2%	2,6%				
8	2,50%						2,5%					7,5%			
9	2,60%					2,6%				10,5%					
10	2,50%						2,5%				5,0%	5,0%			
11	2,60%					2,6%				7,0%		2,0%			
12	2,60%						2,6%				7,8%		2,6%		
13	0,50%						0,5%							0,5%	1,5%
14	0,00%														
15	0,00%														
16	10,50%							10,5%		10,5%					
			13,1%	13,1%	55,2%	21,9%	12,2%		89,2%	15,4%	20,7%	13,1%	0,5%	1,5%	

Peso asse (ton)	Frequenza asse	Coefficiente equivalenza 4 <sup>a</sup> potenza	Transiti da 8 t
1	0,0%	0,00024	0,00%
2	13,1%	0,00361	0,05%
3	13,1%	0,01978	0,28%
4	55,2%	0,06250	3,45%
5	21,5%	0,15259	3,26%
6	10,2%	0,31641	3,23%
7	0,0%	0,56618	0,00%
8	89,2%	1,00000	89,20%
9	15,4%	1,60181	24,67%
10	20,3%	2,44141	49,55%
11	13,1%	3,57448	48,83%
12	0,5%	5,06250	2,53%
13	1,5%	6,97290	10,46%
TOTALE	253,1%	TOTALE	233,51%

Il passaggio di 100 veicoli commerciali determina il transito di 253,1 assi di differente peso, che corrispondono al passaggio di 233,5 assi equivalenti da 8 t.

Numero transiti totali  $W_{13} = 69.845$  Assi da 8 t

D) VALORE DI CALCOLO  $W_{13}$ : 69.845 Assi da 8 t

## **CONSIDERAZIONI FINALI**

Dopo aver verificato che nei 4 casi previsti le verifiche vengono soddisfatte, facendo le dovute considerazioni in base all'utilizzo teorico ipotizzato del circuito di cross dei MONTI CORALLI, si precisa che:

- in fase di esecuzione dei lavori sarà buona norma eseguire, da parte dell'impresa aggiudicatrice, apposite prove su piastra sia del fondo esistente, appositamente rullato e costipato in modo da verificare con la D.L. e la Committenza la correttezza dei dati di progetto;
- realizzare 4 siti campione dove realizzare le quattro diverse tipologie di sottofondi, in modo da eseguire anche su queste le relative prove di carico in modo da poter avere dei dati oggettivi di riferimento;
- sarà opportuno anche valutare le caratteristiche dei relativi materiali di recupero, ovvero riciclato di maceria e riciclato di calcestruzzo, in modo da poter stabilire assieme alla D.L. il giusto mix che stabilisce l'esatto spessore dei due diversi strati, sulla base delle portanze che si vogliono ottenere